

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ» НА ОСНОВЕ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ

М. М. Клунникова¹

¹ *Сибирский федеральный университет*

660041, Россия, г. Красноярск, Свободный пр-т, д. 79

Аннотация

Работа посвящена рассмотрению вопроса повышения качества обучения студентов дисциплине «Численные методы» с помощью развития когнитивной компоненты вычислительного мышления на основе смешанного обучения. В статье излагается методика по формированию вычислительного мышления студентов-математиков, основанная на визуализации алгоритмических расчетных схем и активизации познавательной самостоятельности студентов. Дана характеристика вычислительного мышления, показаны содержание и структура вычислительного мышления. Утверждается, что студент, обладающий таким мышлением, способен проявить себя наилучшим образом в области своей профессиональной деятельности. Описаны результаты применения методики. Для определения уровня сформированности когнитивной компоненты вычислительного мышления разработана диагностическая модель на основе измерения содержательной, операционной и мотивационной компонент. Показано, что предложенная методика развития вычислительного мышления студентов, учитывающая индивидуальные особенности мышления обучающихся, содержательно опирающаяся на теоретические и практические аспекты изучения дисциплины, повышает результативность усвоения курса «Численные методы». Материалы статьи имеют практическую ценность для преподавателей математических дисциплин, использующих в своей профессиональной деятельности информационно-телекоммуникационные технологии.

Ключевые слова: дисциплина «Численные методы», визуализация, вычислительное мышление, смешанное обучение.

DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-6-34-41

Для цитирования:

Клунникова М. М. Методика развития вычислительного мышления студентов при изучении курса «Численные методы» на основе смешанного обучения // Информатика и образование. 2019. № 6. С. 34–41.

Статья поступила в редакцию: 22 января 2019 года.

Статья принята к печати: 16 апреля 2019 года.

Благодарности

Автор выражает признательность своему научному руководителю доктору педагогических наук, профессору Николаю Инсевичу Паку за ценные замечания и идеи при работе над статьей.

Сведения об авторе

Клунникова Маргарита Михайловна, старший преподаватель базовой кафедры вычислительных и информационных технологий, Институт математики и фундаментальной информатики, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; mklunnikova@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3657-1019

1. Уточнение понятия «вычислительное мышление» с точки зрения информационного подхода

Современные информационные технологии все больше и больше изменяют многие аспекты жизни современного человека. Появившиеся новые формы взаимодействия между людьми, стремительно развивающиеся технологии создают новые возможности для жизни, работы и мышления. Возникает вопрос: как необходимо перестраивать систему образования для подготовки специалистов, способных работать в этом быстро меняющемся технологическом обществе? Перед педагогами стоит сложная задача формирования новых качеств будущего специалиста, среди которых не только умение активно использовать возможности информационных технологий, но и умение мыслить по-новому.

В зарубежной научной и педагогической литературе последнее десятилетие в практике образовательной

деятельности используется термин «вычислительное мышление». С точки зрения Жаннетты Винг, профессора Питсбургского университета Карнеги—Меллона, это фундаментальное умение для понимания жизни и ее развития в современном мире, необходимое для решения задач, проектирования систем и понимания человеческого поведения с помощью понятий, фундаментальных для информатики [1]. Способность понимать и применять фундаментальные вычислительные принципы к широкому спектру человеческой деятельности выдвигается в качестве нового требования к квалификации специалиста, при этом вычислительное мышление является основой для непрерывного изучения передовых вычислительных концепций и технологий. Это важно для специалистов в любой отрасли, но особенно для студентов, чья будущая профессиональная деятельность связана с компьютерными науками.

Большое количество зарубежных научных и образовательных организаций активно занимаются разработкой концепции «вычислительное мышление»,

среди них Национальная академия наук США, Британское компьютерное общество (BCS), Международное общество по технологиям в образовании (ISTE), Научная ассоциация учителей информатики (CSTA), Международный некоммерческий Стэнфордский научно-исследовательский институт (SRI), Академия Google и др. За рубежом происходит активная перестройка системы образования, направленная на развитие этого вида мышления у школьников и студентов. Однако до сих пор не существует унифицированного определения понятия «вычислительное мышление» и технологий оценки уровня его развития.

Институт будущего (ITF) совместно с Научно-исследовательским институтом Феникса (The Phoenix Research Institute) на основе проведенного анализа выделили способности, которые будут необходимы специалисту, чтобы получить престижную работу [2]. Наряду с навыками общения, межкультурной компетентностью, способностью к нестандартному мышлению, умением находить эффективные решения, разрабатывать проекты, работать с информацией, справляться с задачами любой сложности в качестве одной из основных была выделена способность к вычислительному мышлению.

Дебаты по определению понятия «вычислительное мышление» еще не окончены, неоднозначно можно сказать, что вычислительное мышление является центральным элементом при обучении студентов вуза. Продуманное использование вычислительных средств и навыков может углубить знания при изучении любой дисциплины. В то же время любая дисциплина может внести значимый контекст и сформулировать множество задач, которые требуют применения вычислительного мышления.

В данной статье предлагается методика развития вычислительного мышления у студентов при изучении курса «Численные методы», который носит сильно выраженный практико-ориентированный характер и имеет тесные межпредметные связи с дисциплинами математического и профессионального циклов, но, по мнению студентов, является одной из самых сложных дисциплин.

Для специалиста в области математики и компьютерных наук требуется особым образом развитое мышление, которое позволит ему легко переходить от физической постановки задачи к математической, а затем к составлению алгоритма ее решения. Важную роль при этом играет способность к составлению эффективных алгоритмов, умение разбивать решение задачи на отдельные процедуры, корректно обобщать алгоритмы для решения класса подобных задач и анализировать результаты их работы.

Целью работы является теоретическое обоснование и апробация методики развития вычислительного мышления студентов при изучении курса «Численные методы», способствующей результативности этой подготовки.

Нельзя сказать, что «вычислительное мышление» — это совершенно новая идея, различные аспекты данного понятия рассматриваются учеными с момента появления компьютеров, но можно утверждать,

что оно будет расширяться в дальнейшем, отражая динамический характер технологий и обучения человека. Как любое мышление, вычислительное мышление — это познавательная деятельность человека, результатом которой является мысль (понятие, смысл, идея), оно формируется в процессе деятельности человека через усвоение приемов мышления, их самостоятельного применения и переноса на новые ситуации.

Выделим те подходы, которые, с нашей точки зрения, наиболее точно выделяют сущность этого понятия.

Вычислительное мышление — это:

- **Когнитивный мыслительный процесс.** С этой точки зрения его можно рассматривать как совокупность ментальных инструментов и понятий из области информатики, которые помогают людям решать задачи в любой сфере человеческой деятельности на основе анализа информационных процессов с помощью абстракций.
- **Гибрид других способов мышления.** Вычислительное мышление тесно связано с математическим мышлением — при решении задач, с алгоритмическим — при автоматизации различных процессов, с инженерным — при моделировании объектов реального мира, с научным — при понимании исчисляемости, осмыслении мышления и человеческого поведения.
- **Результат естественной эволюции информатики.** Ряд ученых считают, что вычислительное мышление является частью Computer Science. Специалисты Google определяют вычислительное мышление как совокупность навыков решения задач и методов, которые используют программисты при программировании.
- **Фундаментальное интеллектуальное мастерство.** Вычислительное мышление можно сравнить с чтением, письмом, речью и арифметикой, которые функционально являются средствами описания и объяснения сложных проблем и ситуаций другим. Вычислительное мышление служит той же цели. Стивен Вольфрам, создатель Wolfram Mathematica, считает, что вычислительное мышление представляет собой своего рода фундамент, который облегчает понимание многих явлений [3].

Таким образом, вычислительное мышление — это гораздо больше, чем умение программировать, это навыки мышления, которые используются для понимания проблемы и формулировки решения, что предшествует созданию алгоритма решения задачи и программированию. Умения выделять проблему, разбивать ее на составляющие, устанавливая причинно-следственные связи, и реализовывать обоснованное решение являются общими для всех наук, будь то математика, литература, экономика, история и др. Анализ литературы [4–7] позволил дать определение понятия «вычислительное мышление» и выделить его основные элементы (см. табл.).

Таблица

Элементы вычислительного мышления

Элемент	Показатель
Алгоритмизация	Умение решать задачи путем четкого определения последовательности шагов
Абстрагирование	Способность выделять важные признаки и отвлекаться от несущественных для уменьшения ненужной сложности при решении задач
Декомпозиция	Разделение задач, алгоритмов, процессов на отдельные части или этапы, которые могут быть поняты, разработаны и проанализированы отдельно
Обобщение	Объединение предметов или явлений по их существенным признакам и свойствам, решение новых задач на основе уже решенных, адаптация алгоритмов на класс подобных задач
Оценка	Установление качества постановки задачи и ее алгоритмического решения

Вычислительное мышление — это когнитивный мыслительный процесс, заключающийся в последовательной активации из памяти человека цепочек объектов ментальных схем и карт из области математики и информатики для постановки проблемы и ее эффективного решения с помощью абстрактных инструментов.

Различные методики обучения студентов дисциплине «Численные методы» были предложены в исследованиях И. В. Беленковой [8], В. В. Беликова [9, 10], Н. Н. Пальчиковой [11], Е. А. Рябухиной [12], Т. А. Степановой [13], Н. И. Пака [14], А. А. Сушенцова [15], Г. М. Федченко [16]. В работах этих авторов изучались вопросы обучения с использованием математических пакетов, аспекты фундаментализации высшего математического образования, моделирования, построения информационно-коммуникационной предметной среды и программно-методических комплексов для обучения, однако ни в одной из этих работ не рассматривалась связь уровня усвоения дисциплины с развитием вычислительного мышления. Для развития вычислительного мышления студентов предлагается использовать когнитивный подход, в рамках которого процессы восприятия, воображения и мышления рассматриваются как информационные процессы представления, хранения, обработки и интерпретации новых знаний, а целью обучения является развитие умственных способностей студентов и использование выработанных стратегий обучения в новых ситуациях.

2. Диагностическая модель развития вычислительного мышления при изучении курса «Численные методы»

С позиций когнитивного подхода целью преподавания дисциплины «Численные методы» является формирование у студентов знаний в области чис-

ленного решения классических задач математики и математической физики на основе осознанного выбора, анализа и реализации эффективных вычислительных алгоритмов.

Наш опыт преподавания дисциплины «Численные методы» и выделенные элементы вычислительного мышления позволяют определить **три уровня сформированности вычислительного мышления у студентов-математиков**.

- **Низкий уровень** — студент:
 - владеет необходимым минимумом знаний по программированию;
 - используя базовые алгоритмические конструкции, может понять и реализовать несложные численные методы для конкретной задачи;
 - испытывает трудности при обосновании применимости численных методов для решения математических задач, отладке программ и обосновании результатов вычислений. Требуется помощь преподавателя.
- **Средний уровень** — студент:
 - владеет большей частью необходимых знаний по программированию;
 - корректно разбирает программу на отдельные модули;
 - реализует типовые численные методы для решения класса аналогичных задач различной размерности;
 - может обосновать выбор метода решения математических задач; владеет технологиями отладки программ. Требуется помощь преподавателя в нестандартных ситуациях.
- **Высокий уровень** — студент:
 - владеет несколькими языками программирования;
 - разрабатывает программы для решения класса подобных задач;
 - видит возможные проблемы при реализации алгоритмов;
 - корректно обосновывает выбор метода решения задачи в зависимости от ее постановки, может свести задачу к уже решенной ранее;
 - грамотно обосновывает полученный результат;
 - проявляет активность в поиске более эффективных методов решения.

Состав когнитивной компоненты вычислительного мышления (ККВМ) студентов определяется из того факта, что вычислительное мышление формируется в процессе усвоения содержания дисциплины «Численные методы» [17], овладения приемами и методами решения практических задач. Процесс развития вычислительного мышления рассматривается как система, все части которой взаимодействуют и взаимосвязаны между собой.

Исходя из этого, были выделены следующие **структурные компоненты вычислительного мышления при изучении курса «Численные методы»**.

Содержательная компонента — совокупность способов представления объектов, задач и процес-

сов; приемов и методов написания компьютерных программ; понятий, методов исследования и подходов к решению задач в области вычислительной математики.

Методы диагностики:

- оценка лабораторных работ;
- тестирование знаний.

Низкий уровень.

У студента знания не сформированы, факты и явления описываются им интуитивно, без понимания связи между ними.

Студент:

- владеет одним языком программирования на уровне, достаточном для написания программ с использованием основных алгоритмических конструкций;
- может адаптировать программу под решение конкретной задачи по образцу;
- испытывает трудности при реализации алгоритмов, представлении данных, отладке программы и обосновании полученных результатов.

Средний уровень.

Студент:

- демонстрирует знание основных численных методов, условий их применения, но испытывает трудности с доказательством сходимости и устойчивости численных методов;
- уверенно владеет одним языком программирования;
- использует модульный подход при написании программ;
- владеет приемами отладки программы;
- испытывает трудности при работе с динамическим распределением памяти и обоснованием полученных результатов.

Высокий уровень.

Студент:

- имеет обобщенные и систематизированные знания по курсу;
- анализирует численные методы и доказывает условия их сходимости и устойчивости;
- осознанно выбирает инструментарий для реализации численных методов;
- в зависимости от постановки задачи использует оптимальные структуры данных;
- корректно разбивает задачу на подзадачи, может свести решение задачи к уже решенной ранее;
- грамотно проводит отладку программ; может обосновать результат работы программы.

Операционная компонента — совокупность мыслительных операций, необходимых для упрощения, разбиения на части и решения или сведения к решенным ранее задачам вычислительной математики, для выбора инструментария, методов решения и интерпретации полученных результатов.

Методы диагностики:

- тесты структуры интеллекта Р. Амтхауэра [19];
- анализ подходов к решению задач при сдаче лабораторных работ;
- наблюдение.

Низкий уровень.

Студент:

- не может обосновать все свои действия при решении задачи, ее декомпозиции, выборе численного метода решения, представлении данных;
- недостаточно понимает работу основных алгоритмических конструкций;
- может составлять алгоритмы по образцу.

Средний уровень.

Студент:

- может обосновать основные действия при решении задачи;
- способен проанализировать множество входных и выходных данных;
- владеет способами составления сложных алгоритмов, в том числе с выделением отдельных функций;
- способен анализировать и учитывать различные сценарии выполнения алгоритма;
- видит логические ошибки в алгоритме.

Высокий уровень.

Действия студента полностью осознаны и логически обоснованы.

Студент:

- корректно использует известные схемы при решении новых задач;
- умеет выдвигать и доказывать гипотезы опытным путем;
- умеет прогнозировать результаты выполнения алгоритма, видеть возможные проблемы, которые могут возникнуть при реализации алгоритма;
- способен оптимизировать алгоритм;
- умеет оценивать сложность алгоритма и выбирать более эффективный метод решения.

Мотивационная компонента — направленность на профессиональный рост, активность, самостоятельность, творческий подход к обучению.

Методы диагностики:

- оценка активности при использовании электронного курса (изучение теоретического материала, прохождение тестов для самоподготовки);
- анализ инструментария, применяемого для решения практических задач;
- наблюдение.

Низкий уровень.

Студент:

- не проявляет активности при изучении материалов электронного курса, интереса и самостоятельности при изучении дисциплины;
- лабораторные работы реализует на одном языке программирования, изученном на первом-втором курсах, сдает их с опозданием;
- испытывает трудности в теоретической подготовке.

Средний уровень.

Студент:

- активно использует материалы электронного курса;

- проявляет интерес к предмету;
- эпизодически участвует в наполнении курса;
- проявляет избирательное отношение к освоению дисциплины.

Чаще всего студента привлекает практическая реализация метода, а не его теоретическое обоснование.

Высокий уровень.

Студент:

- активно использует материалы курса;
- мотивирован на профессиональный рост;
- активно изучает дополнительную литературу;
- самостоятельно может предложить новые способы для решения задачи;
- разрабатывает новые элементы для электронного курса;
- явно выражает стремление к решению задачи более эффективным способом;
- проявляет интерес к практическому применению полученных знаний в других областях.

Рассмотрим особенности методики развития вычислительного мышления студентов при изучении курса «Численные методы» с использованием технологий смешанного обучения [18]. Смешанная форма обучения в данном контексте рассматривается как процесс, включающий в себя элементы традиционного очного и дистанционного обучения для организации самостоятельной работы студентов. Каждый раздел электронного курса представляет собой целостный блок учебного материала, включающий в себя следующие элементы:

- «Лекция» в СДО Moodle — своеобразный лабиринт, спроектированный преподавателем, где теоретический материал чередуется с контрольными вопросами, что позволяет студентам регулировать темп своей самостоятельной работы, осуществлять проверку степени усвоения информации, выявлять вопросы, требующие повторного изучения или консультации преподавателя. При такой организации самостоятельной работы происходит смена вида деятельности студентов, что положительно влияет на их активность и мотивацию.
- Интеллект-карта (диаграмма связей, ментальная карта) — схематичное изображение ключевых понятий изучаемой темы.
- Интерактивная визуализация работы базовых численных методов для наглядного представления происходящих при вычислениях процессов с целью повышения уровня понимания их работы.
- Тесты для самоподготовки.
- Задания для лабораторной работы.

3. Результаты

Для выявления уровня сформированности когнитивной компоненты вычислительного мышления разработана диагностическая модель на основе измерения содержательной, операционной и мотивационной компонент.

Содержательная компонента измеряется количеством баллов, набранных студентом во время промежуточного тестирования знаний на мини-сессиях, и оценкой сданных лабораторных работ. Банк тестовых вопросов составлен на основе таксономии Б. Блума, в которой цели обучения напрямую зависят от иерархии мыслительных процессов, таких как запоминание, понимание, применение, анализ, синтез и оценка. Сложность вопросов регулируется их вкладом в общую оценку при тестировании.

Предлагаемые обучающимся тесты были первоначально апробированы на студентах 2014–2017 годов обучения. Результаты теста по первой мини-сессии использовались для оценки уровня ККВМ на начало эксперимента. Коэффициент корреляции Спирмана—Брауна, полученный с помощью расщепления теста, равен 0,81, коэффициент надежности теста Кьюдера—Ричардсона KR-20 равен 0,82, что демонстрирует хорошую надежность теста. Вычисление коэффициента KR теоретически обоснованно, так как тест хорошо сбалансирован по трудности выполнения, дисперсия 56 % вопросов находится в диапазоне 0,20–0,25, т. е. эти задания являются заданиями средней трудности, что соответствует принятым требованиям.

При измерении содержательной компоненты выполненные лабораторные работы оценивались с точки зрения решения поставленной задачи и обоснования полученного результата.

Операционная компонента оценивалась с помощью теста структуры интеллекта Р. Амтхауэра и анализа подходов, используемых студентами при написании лабораторных работ. Для определения уровня когнитивной готовности студентов к пониманию учебной информации, заданной в вербальной форме, использовались первые четыре субтеста из тестов структуры интеллекта Р. Амтхауэра [19]. Эти тесты характеризуют умение студентов сравнивать, классифицировать и обобщать понятия, обнаруживать их существенные признаки, устанавливать различные отношения между понятиями.

Результаты анализа позволяют построить область актуального вербального развития студентов и определить требования к учебной информации, соблюдение которых сделает ее более доступной для понимания. Общий балл, представляющий собой оценку умственного развития по тесту Амтхауэра, подсчитывался путем суммирования баллов, полученных испытуемым за выполнение каждого из четырех субтестов. Оценка результата теста выполнялась путем соотнесения с групповыми данными на основе расчета процентилей, которые показывают относительное положение каждого студента в выборке [20]. Несмотря на неравномерность единиц измерения, процентильные оценки понятны, универсальны по отношению к различным методикам и легко рассчитываются. Эмпирическое распределение тестовых баллов разбито на четыре кварталы. Следует учитывать, что квантильные шкалы относятся к шкалам порядка, т. е. они дают информацию, у кого из испытуемых сильнее выражено тестируемое свойство, но не

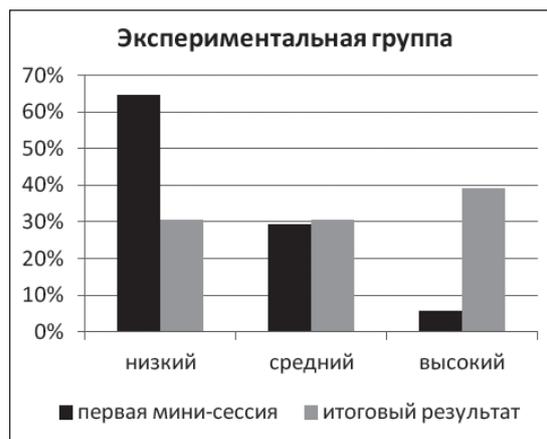
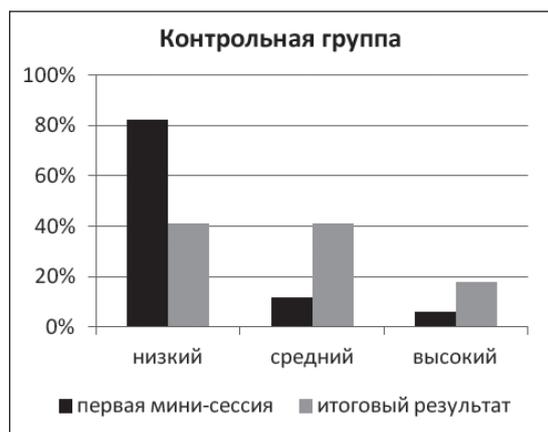


Рис. Результаты эксперимента

показывают, насколько или во сколько раз сильнее. Таким образом, была выделена группа студентов, у которых умения сравнивать, классифицировать, обобщать понятия, выделять существенные признаки развиты слабее, чем у других. Дальнейшее обучение показало, что именно эти студенты больше всего испытывали проблемы с усвоением курса.

Мотивационная компонента оценивалась, в первую очередь, исходя из анализа самостоятельной работы студента в рамках электронного курса по дисциплине. Возможности СДО Moodle позволяют гибко организовать учебный процесс таким образом, чтобы у студентов была возможность приобретать знания там и тогда, где и когда им это будет удобно. Это формирует базовые навыки для непрерывного обучения в течение всей жизни.

Студентам было предложено самостоятельно выбрать инструмент для реализации алгоритмов численных методов. Среди студентов контрольной группы 96 % выбрали язык программирования, который изучали на первом-втором курсах. Особенностью студентов экспериментальной группы было то, что 17 % из них выбрали не изучаемый ранее язык программирования Python, а к концу учебного года этот показатель увеличился до 25 %. Стоит отметить, что студенты изучали Python самостоятельно, параллельно с изучением дисциплины «Численные методы», что свидетельствует о хорошем уровне развития их когнитивной компетентности. Самостоятельная работа студентов оценивалась средствами Moodle. Студенты получали дополнительные баллы за посещение лекций, прохождение тестов для самостоятельной работы, создание ментальных карт по тематике дисциплины, дополнение глоссария.

Для формирования системности, познавательной активности, самостоятельности студентов при обучении использовался **межпредметный подход**. В рамках курса по выбору «Информационные технологии в образовании» студенты разрабатывали электронные средства обучения по численным методам. Студенты самостоятельно строили ментальные схемы, процедуру показа и объяснения хода решения численной задачи, анализируя оптимальный и другие возможные варианты решения, составляли

справочники информационных учебных элементов, строили тренажеры, генерирующие тематические задачи для самостоятельного решения, где пользователю предоставляется возможность сразу ввести или выбрать ответ либо получить подсказку в случае затруднений. Таким образом, дидактический эффект усиливался выбором адекватной педагогической технологии обучения на основе диагностики когнитивных способностей пользователя. Опыт использования межпредметной связи курса «Численные методы» и курса по выбору «Информационные технологии в образовании» показал, что этот подход работает также на формирование и развитие вычислительного мышления студентов.

Педагогический эксперимент проводился со студентами 2016/2017 и 2017/2018 годов обучения. Контрольная группа студентов 2016/2017 года обучения состояла из 24 человек, экспериментальная группа студентов 2017/2018 года обучения — из 30 человек.

Студентам был предложен входной тест, включающий в себя простейшие вопросы по математике на знание таких понятий, как дифференцирование, интегрирование, нахождение собственных чисел, разложение в ряд Тейлора, представление комплексных чисел, и вопросы по программированию циклических операций. Коэффициент корреляции Спирмана—Брауна, полученный с помощью расщепления теста, равен $\eta = 0,851313$, что показывает его надежность. Результаты теста продемонстрировали низкий уровень подготовки почти у половины студентов.

Результаты студентов контрольной и экспериментальной групп на начало эксперимента и на момент его завершения приведены на рисунке.

4. Выводы

Можно сделать вывод о том, что предложенная методика развития вычислительного мышления у студентов, учитывающая индивидуальные особенности мышления обучающихся, содержательно опирающаяся на теоретические и практические аспекты изучения дисциплины, базирующаяся на использовании визуализации алгоритмических расчетных схем, использовании элементов электронного

курса, ментальных схем, повышает результативность усвоения курса «Численные методы».

Материалы работы представляют интерес для теории информатизации образования, современной электронной дидактики, а также для преподавателей, внедряющих элементы e-learning в предметном обучении студентов.

Список использованных источников

1. Wing J. M. Computational thinking // Communications of the ACM – Self managed systems. 2006. Vol. 49. Is. 3. P. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215
2. Future Work Skills 2020. http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf
3. How to Teach Computational Thinking. <http://blog.stephenwolfram.com/2016/09/how-to-teach-computational-thinking/>
4. Хеннер Е. К. Вычислительное мышление // Образование и наука. 2016. № 2. С. 18–33. DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33
5. National Research Council Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. 114 p. DOI: 10.17226/12840
6. Exploring Computational Thinking. <https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/>
7. Operational Definition of Computational Thinking for K–12 Education. <https://id.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf?sfvrsn=2>
8. Беленкова И. В. Методика использования математических пакетов в профессиональной подготовке студентов вуза: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2004. 23 с.
9. Беликов В. В. Обучение численным методам в условиях информатизации образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2006. № 1. <http://cis.rudn.ru/doc/600>
10. Беликов В. В. Инструментарий анализа содержания обучения дисциплине «Численные методы» // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информа-

тизация образования. 2009. № 2. С. 75–77. <http://journals.rudn.ru/informatization-education/article/view/6961>

11. Пальчикова Н. Н. Совершенствование подготовки будущих учителей информатики по вычислительной математике: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 1999. 202 с. <https://www.dissertat.com/content/sovershenstvovanie-podgotovki-budushchikh-uchitelei-informatiki-po-vychislitelnoi-matematike>

12. Рябухина Е. А. Методическая система обучения вычислительной математике как инварианта специальных технических курсов: дис. ... канд. пед. наук. Саранск, 1999. 250 с. <https://www.dissertat.com/content/metodicheskaya-sistema-obucheniya-vychislitelnoi-matematike-kak-invarianta-spetsialnykh-tekh>

13. Степанова Т. А. Методическая система обучения курсу «Численные методы» в условиях информационно-коммуникационной предметной среды: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Красноярск, 2003. 24 с.

14. Пак Н. И., Степанова Т. А. Параллельный способ обучения курсу «Численные методы» // Педагогическая информатика. 2001. № 1. С. 33–38.

15. Сушенцов А. А. Методика обучения численным методам оптимизации с использованием программно-методических комплексов: дис. ... канд. пед. наук. Йошкар-Ола, 2003. 159 с. <https://www.dissertat.com/content/metodika-obucheniya-chislennym-metodam-optimizatsii-s-ispolzovaniem-programmno-metodicheskikh>

16. Федченко Г. М. Методическая система обучения будущих учителей информатики дисциплине «Численные методы»: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Нижний Новгород, 2006. 24 с.

17. Распопов В. Е., Клунникова М. М., Сапожников В. А. Численный анализ. Красноярск: КГУ, 2005. 87 с.

18. Клунникова М. М., Пушкарева Т. П. Методы и средства развития вычислительного мышления при обучении дисциплине «Численные методы» // Современное образование. 2017. № 2. С. 95–101. DOI: 10.25136/2409-8736.2017.2.23067

19. Туник Е. Е. Тест интеллекта Амтхауэра: анализ и интерпретация данных. СПб.: Речь, 2009. 94 с.

20. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004. 67 с.

THE METHODS OF DEVELOPING COMPUTATIONAL THINKING OF STUDENTS WHILE STUDYING THE COURSE "NUMERICAL METHODS" BASED ON BLENDED LEARNING

M. M. Klunnikova¹

¹ Siberian Federal University

660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny pr., 79

Abstract

The work is devoted to the consideration of improving the quality of teaching students the discipline “Numerical methods” through the development of the cognitive component of computational thinking based on blended learning. The article presents a methodology for the formation of computational thinking of mathematics students, based on the visualization of algorithmic design schemes and the activation of the cognitive independence of students. The characteristic of computational thinking is given, the content and structure of computational thinking are shown. It is argued that a student with such a mind is able to manifest himself in his professional field in the best possible way. The results of the application of the technique are described. To determine the level of development of the cognitive component of computational thinking, a diagnostic model has been developed based on measuring the content, operational and motivational components. It is shown that the proposed method of developing computational thinking of students, taking into account the individual characteristics of students’ thinking, meaningfully based on the theoretical and practical aspects of studying the discipline, increases the effectiveness of learning the course “Numerical methods”. The materials of the article are of practical value for teachers of mathematical disciplines who use information and telecommunication technologies in their professional activities.

Keywords: discipline “Numerical methods”, visualization, computational thinking, blended learning.

DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-6-34-41

For citation:

Klunnikova M. M. Metodika razvitiya vychislitel'nogo myshleniya studentov pri izuchenii kursa "Chislennye metody" na osnove smeshannogo obucheniya [The methods of developing computational thinking of students while studying the course "Numerical methods" based on blended learning]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2019, no. 6, p. 34–41. (In Russian.)

Received: January 22, 2019.

Accepted: April 16, 2019.

Acknowledgments

The author expresses her gratitude to her supervisor, Doctor of Sciences (Education), Professor Nikolay I. Pak for valuable comments and ideas when working on the article.

About the author

Margarita M. Klunnikova, Senior Lecturer at the Basic Department of Computing and Information Technologies, Institute of Mathematics and Fundamental Informatics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; mklunnikova@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3657-1019

References

1. Wing J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM – Self managed systems*, 2006, vol. 49, is. 3, p. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215

2. Future Work Skills 2020. Available at: http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf

3. How to Teach Computational Thinking. Available at: <http://blog.stephenwolfram.com/2016/09/how-to-teach-computational-thinking/>

4. Khenner E. K. Vychislitel'noe myshlenie [Computational thinking]. *Obrazovanie i nauka — The Education and Science Journal*, 2016, no. 2, p. 18–33. (In Russian.) DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33

5. National Research Council Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking. Washington, DC, The National Academies Press, 2010. 114 p. DOI: 10.17226/12840

6. Exploring Computational Thinking. Available at: <https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/>

7. Operational Definition of Computational Thinking for K–12 Education. Available at: <https://id.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf?sfvrsn=2>

8. Belenkova I. V. Metodika ispol'zovaniya matematicheskikh paketov v professional'noj podgotovke studentov vuza: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. [Methods of using mathematical packages in the professional training of university students. Cand. ped. sci. diss. autor's abstract]. Ekaterinburg, 2004. 23 p. (In Russian.)

9. Belikov V. V. Obuchenie chislennym metodam v usloviyakh informatizatsii obrazovaniya [Teaching numerical methods in terms of informatization of education]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya — Bulletin of People's Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education*, 2006, no. 1. (In Russian.) Available at: <http://cis.rudn.ru/doc/600>

10. Belikov V. V. Instrumentarij analiza sodержaniya obucheniya distsipline "Chislennye metody" [Toolkit of the analysis of the maintenance of education to discipline "Numerical methods"]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya — Bulletin of People's Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education*, 2009, no. 2, p. 75–77. (In Russian.) Available at: <http://journals.rudn.ru/informatization-education/article/view/6961>

11. Palchikova N. N. Sovershenstvovanie podgotovki budushchikh uchitelej informatiki po vychislitel'noj matematike: dis. ... kand. ped. nauk. [Improving the training of future teachers of computer science in computational mathematics. Cand. ped. sci. diss.]. Saint Petersburg, 1999. 202 p. (In Russian.) Available at: <https://www.dissertat.com/content/sovershenstvovanie-podgotovki-budushchikh-uchitelej-informatiki-po-vychislitelnoi-matematike>

12. Ryabukhina E. A. Metodicheskaya sistema obucheniya vychislitel'noj matematike kak invarianta spetsial'nykh tekhnicheskikh kursov: dis. ... kand. ped. nauk. [Methodical system of teaching computational mathematics as an invariant of special technical courses. Cand. ped. sci. diss.]. Saransk, 1999. 250 p. (In Russian.) Available at: <https://www.dissertat.com/content/metodicheskaya-sistema-obucheniya-vychislitelnoi-matematike-kak-invarianta-spetsialnykh-tekh>

13. Stepanova T. A. Metodicheskaya sistema obucheniya kursu "Chislennye metody" v usloviyakh informatsionno-kommunikatsionnoj predmetnoj sredy: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. [Methodical system of teaching the course "Numerical methods" in the information and communication subject environment. Cand. ped. sci. diss. autor's abstract]. Krasnoyarsk, 2003. 24 p. (In Russian.)

14. Pak N. I., Stepanova T. A. Parallelnyj sposob obucheniya kursu "Chislennye metody" [A parallel way of teaching the course "Numerical methods"]. *Pedagogicheskaya informatika — Pedagogical Informatics*, 2001, no. 1, p. 33–38. (In Russian.)

15. Soushentsov A. A. Metodika obucheniya chislennym metodam optimizatsii s ispol'zovaniem programmno-metodicheskikh kompleksov: dis. ... kand. ped. nauk. [Methods of teaching numerical methods of optimization using program-methodical complexes. Cand. ped. sci. diss.]. Yoshkar-Ola, 2003. 159 p. (In Russian.) Available at: <https://www.dissertat.com/content/metodika-obucheniya-chislennym-metodam-optimizatsii-s-ispolzovaniem-programmno-metodicheskikh>

16. Fedchenko G. M. Metodicheskaya sistema obucheniya budushchikh uchitelej informatiki distsipline "Chislennye metody": avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. [Methodical system of training future teachers of informatics in the discipline "Numerical methods". Cand. ped. sci. diss. autor's abstract]. Nizhny Novgorod, 2006. 24 p. (In Russian.)

17. Raspopov V. E., Klunnikova M. M., Sapozhnikov V. A. Chislennyj analiz. [Numerical analysis]. Krasnoyarsk, KSU, 2005, 87 p. (In Russian.)

18. Klunnikova M. M., Pushkareva T. P. Metody i sredstva razvitiya vychislitel'noy myshleniya pri obuchenii distsipline "Chislennye metody" [Methods and means of developing computational thinking in teaching the discipline "Numerical methods"]. *Sovremennoye obrazovaniye — Modern Education*, 2017, no. 2, p. 95–101. (In Russian.) DOI: 10.25136/2409-8736.2017.2.23067

19. Tunik E. E. Test intellekta Amtkhauehra: analiz i interpretatsiya dannykh [Amthauer's intelligence test. Data analysis and interpretation]. Saint Petersburg, Rech', 2009. 94 p. (In Russian.)

20. Novikov D. A. Statisticheskie metody v pedagogicheskikh issledovaniyakh (tipovye sluchai) [Statistical methods in pedagogical researches (typical cases)]. Moscow, MZ-Press, 2004. 67 p. (In Russian.)